

BIM技术在轨道交通车辆段建设中的应用

吴宗亮

(广州地铁工程咨询有限公司, 广东 广州 510000)

摘要 建筑信息模型(BIM)技术作为推动数字化建造的重要引擎,正全面重塑轨道交通工程的建设逻辑。本文以轨道交通车辆段为研究对象,围绕这一关键基础设施,从规划设计、施工管控到运营维护等阶段入手,系统分析BIM技术在各环节中的应用实践与价值体现。通过分析BIM技术在空间优化、管线综合、施工模拟等方面的技术优势,结合典型工程案例,论证其在提高工程质量、缩短工期、降低成本方面的实际效果,以期为推进车辆段工程的数字化转型升级提供参考。

关键词 BIM技术; 轨道交通; 车辆段; 数字化建造; 工程管理

中图分类号: TP3; U12

文献标志码: A

DOI: 10.3969/j.issn.2097-3365.2025.33.008

0 引言

轨道交通车辆段是集列车停放、检修、维护等功能于一体的综合性基地,具有专业系统复杂、空间结构密集、设备管线多等特点。以往依赖图纸的设计与管理方式,已逐渐暴露出难以契合现代工程复杂需求的局限。借助三维可视化、信息集成及协同管理等特性,BIM技术为车辆段建设带来了更加系统化、智能化的技术路径。本文从技术应用角度探讨BIM技术在车辆段工程中的具体实践,为轨道交通工程智能化建设提供技术参考。

1 BIM技术概述

建筑信息模型(Building Information Modeling, BIM)技术是基于三维数字模型的工程信息集成手段,能够在项目的全生命周期内实现数据的数字化表达与动态管理。其核心特征包括:(1)三维可视化:直观展示工程实体的空间关系。(2)信息集成:整合几何数据与非几何属性信息。(3)协同工作:多专业在统一平台开展协作。(4)全生命周期管理:支持规划、设计、施工、运维各阶段应用。

2 传统技术的不足

2.1 设计阶段的技术局限

平面图纸难以完整表达三维空间关系,专业间协调依赖人工识图;错漏碰缺发现率不足;产生专业碰撞问题;空间合理性验证依赖经验判断,已造成返工现象。

2.2 施工阶段的管理短板

施工组织规划粗放进度计划与实体建设脱节;大型设备吊装等关键工序仅凭经验规划,容易偏差;质

量验收依赖纸质记录,可追溯性差;材料管理误差设计变更与施工实施不同步等^[1]。

3 施工图设计阶段BIM技术的应用

在施工图设计阶段,引入BIM技术,可以对整体设计方案进行全方位的模拟与检验,从技术工艺、材料选型到细部节点等实现可视化推演。它不仅能在初步设计成果的基础上形成可直接服务于施工与安装环节的设计文件,还能借助模型实现设计过程的动态管控与信息协同。通过BIM技术深度应用,工程在设计合理性、施工可行性以及后期可维护性均能得到显著提升。其主要内容可概括为以下几个方面:

1. 设计进度与质量管理。依托BIM数据集成与管理平台,对设计成果与模型数据进行集中存储与共享,形成统一的交付与审查机制。平台内可实时分配设计任务、更新模型版本、追踪修改记录,实现设计过程的全周期可追溯与协同化管理。

2. 限界优化设计。在施工图阶段,通过建立精细化的BIM模型,可对车辆限界、设备限界与建筑限界进行多维度校核。系统自动识别潜在的空间冲突,辅助设计人员调整结构与设备布置方案,使建筑与机电系统之间的空间利用更加合理。

3. 管线碰撞检测。借助BIM模型的可视化能力,可精准检测不同专业之间及同专业内部的设备、管线是否存在空间冲突或间距不足等问题。系统生成的碰撞分析报告为设计优化提供了客观依据,设计团队据此调整布置方案,提高了施工阶段的协调性,也降低了返工与修改的风险^[2]。

4. 三维管线综合。对工程内错综复杂的管线进行

统筹布局、优化净高,制定分层、分系统的排布规则,尤其关注大型综合管廊、设备机房(如变电所、通风机房)等关键区域,在完成碰撞检测后,设计人员根据分析结果与管线综合技术要求,对模型内的设备及管线进行空间重构与优化布置。通过 BIM 平台生成的三维可视化图,可直观展示各层综合管线及关键节点布局,为施工交底、安装定位提供直观依据,保证系统间的高效衔接与空间协调。

5. 预留预埋核查。结合已优化的施工图模型,对墙体、楼板及二次结构的孔洞、预埋件进行系统梳理。BIM 模型可生成预留孔洞图和预埋件布置图,标注其形状、尺寸、位置、规格等信息,确保施工阶段的预留预埋符合设计要求。

6. 工程量统计与校核。通过 BIM 模型可自动提取各清单子目的工程量与构件特征数据,并与工程量清单实现一一对应。该过程不仅提高了工程造价编制与审核的效率,也使数据更加精准可靠。通过模型数据与清单信息的双向校验,可有效避免遗漏与重复统计,助力工程造价全过程管理的数字化与精细化。

4 施工阶段 BIM 技术的应用

4.1 机电深化设计

在机电专业深化设计阶段,基于 BIM 深化模型对设备与管线进行空间排布优化已成为重要手段。通过对各系统设备位置、支吊架结构及荷载进行精细化分析,可在满足规范与施工需求的前提下,确保布置合理、结构安全、检修便利。模型还能输出管线综合布置图、支吊架设计示意及设备机房三维视图,为加工与安装提供直观依据,从而实现材料节约、空间集约与整体美观的统一,使安装过程更具科学性与可控性。

4.2 装修深化设计

在装修阶段,在同一个 BIM 平台上,将建筑结构模型、机电综合模型与装修模型(包含天花、墙面、地面、固定家具、装饰构件)进行整合可实现建筑、结构与机电之间的综合协调。设计人员可借助模型进行标高控制、空间平衡与管线校核,提前发现各专业之间的冲突点,并对装修方案进行优化调整。模型可生成关键节点和空间区域的三维视图,为设计论证与施工指导提供精准支撑。

4.3 土建深化设计

土建深化设计环节侧重于孔洞预留与预埋件布置的精确控制。通过 BIM 深化模型,可自动提取穿墙点、桥架、管线的尺寸、位置和标高等数据,生成带有编号和参数的孔洞清单,为现场开孔提供依据。

4.4 关键及复杂节点工序模拟

对深基坑、高支模、大跨度钢结构安装、装配式构件连接等关键工艺进行精细化模拟,用于技术交底和方案比选,施工过程中结构复杂、专业交叉密集或安全风险较高的关键部位,BIM 深化模型可进行全过程工序模拟^[3]。通过建立三维动态场景,生成模拟视频,直观展示施工顺序、装配步骤及空间关系,为技术交底提供可靠依据。

4.5 工程筹划模拟

在工程筹划阶段,借助 BIM 深化模型可对施工现场布置、周边环境及构筑物迁改等进行动态模拟,如重要节点(如“主体封顶”“机电插入”“通车调试”),模拟其前置条件和准备工作的完备性,确保节点目标可实现。通过对施工方案、资源配置及时间安排进行多方案比选,形成最优施工组织路径。模型还可用于模拟材料堆放、设备进出路线及安全隔离区域等,如对于复杂的施工步骤(如大型钢结构吊装、大型设备进场安装),模拟其路径和所需空间,确保在计划的时间点现场条件已满足,提升施工现场安全及进度管理。

4.6 精准工程量数据

模型中的构件(如柱、梁、管道、电缆桥架)均带有材质、尺寸等属性,软件可按规则自动分类统计混凝土体积、模板面积、管道长度、设备数量等,利用深化设计模型对工程量进行精密计算,根据模型能够精准核查实施工程量,避免出现超计,漏计等现象发生。

5 案例分析

以华南地区某车辆段为例,开工前根据图纸的出图计划,逐步建立起 BIM 模型,包括桩基础、承台,立柱及盖板、后浇带,集水井,落水口等^[4]。BIM 技术在车辆段土建施工过程中的应用,能精准定位各类构筑建筑物的位置、尺寸、预留孔洞的位置及高程、桩长等,能够建立配筋模型,通过与图纸比对,提高配筋正确率,减少返工现象。施工实施过程中未出现预留孔洞漏埋,框架柱位置偏差等施工偏差而造成大面积返工现象,并在工程实施计量过程中,能够通过 BIM 技术,准确计算已实施工程量,避免出现超计、漏计等现象。

通过传统图纸及 BIM 技术建模对比,在配筋方面相比传统图纸具有压倒性的优势。通过图纸及三维建模进行细化对比,三维模型具备以下优势。

5.1 表达方式

二维图纸配筋用点、线、符号和多个平面视图来抽象表示钢筋的布置。

三维模型能够用实体模型 1:1 精确模拟每一根钢筋的形状、尺寸和空间位置。

优势:三维模型提供了可视性的空间感,减少了看图人的误解。

5.2 复杂节点处理

二维图纸需要阅读大量复杂剖面图和详图或多份图纸需同时查看,对阅图者识图、阅图能力要求极高,且设计意图不易被充分理解。

三维模型可以清晰、直观地创建和展示复杂节点(如梁柱节点、基础承台)的钢筋排布。

优势:三维模型提升了复杂区域的施工可行性,保证了结构安全。

5.3 工程量计算

图纸需要人工统计,耗费大量时间及精力,容易出错,且一旦设计变更,所有计算需推倒重来^[5]。

三维建模可根据模型瞬间生成精确的钢筋工程量清单,精准计算各型号、各种类钢筋工程量,避免出现漏项等情况。

优势:三维建模具有高效性与准确性,为成本预算、施工材料准备及施工计量等提供可靠的数据支撑。

5.4 施工交底

图纸对施工人员的技术水平和阅读图纸能力、沟通协调能力及施工人员接受能力水平要求高,传统图纸交底容易产生误解。

三维建模可提供可视化交底,可在模型上剖切,向施工作业人员直观展示钢筋空间、位置、类型及数量,整体需要达到的绑扎效果,总体成果一目了然。

优势:三维模型大幅降低了沟通门槛,提高了交底效率,减少了施工错误。

通过上述对比,BIM技术通过有效的建模及计算,其在提升质量、节约成本、缩短工期、避免风险方面带来了更大收益,已成为现代大型、复杂工程项目,尤其是基础设施项目的重要选择。

6 BIM技术应用的困难及建议

6.1 BIM技术应用的困难

1. 车辆段涉及专业较多。各专业模型精度等级要求不一致,车辆段特有的轨道、接触网等专业缺乏建模标准,未能全面实施BIM技术。

2. 大型模型运行效率低。车辆段为整个地铁线路的运转枢纽,体量普遍较大,建立模型需要的人力、物力、时间庞大,导致BIM技术的效率低下。

3. 缺乏专业人才。BIM技术作为新兴的技术,目前各行业BIM专业人员比较匮乏,无法精准建模,导致BIM技术在工程行业中未能全部体现价值^[6]。

4. 不同阶段、不同深度的模型应包含哪些信息(LOD

标准)、如何交付、由谁审核,缺乏权威统一的强制性或推荐性标准。在大多数地区,具有法律效力的交付物仍是二维图纸,BIM模型通常作为“参考”。这削弱了各方维护模型准确性的积极性。

6.2 BIM技术应用的建议

1. 将BIM技术要求写入合同:在招标文件和合同中,明确约定各参建方的BIM技术职责、交付标准、奖惩机制和知识产权归属,使BIM技术应用具有法律和合同约束力。

2. 建立考核与激励机制:将BIM技术应用成果纳入对各参建方的绩效考核中,对应用效果好、创造显著价值的单位给予奖励。

3. 重视人才培养与知识沉淀:建立BIM技术培训体系,培养既懂专业又懂BIM技术的复合型人才。同时,将项目积累的族库、标准、问题库进行收集统计,形成总结经验,供后续项目参考,持续提升整体的BIM技术应用能力。

7 结束语

BIM技术在轨道交通车辆段这一大型复杂工程项目中的应用,标志着车辆段工程建设从传统模式迈向了数字化、精细化管理的新阶段。通过本次项目的实践,BIM技术不再是停留在表面的可视化展示,而是深入规划设计、施工协同、进度管控和运维移交的全过程。它有效解决了车辆段项目中常见的专业接口复杂、管线综合难度大、空间布局紧凑等核心难点。从土建结构的精准建模,到机电各系统管线的零碰撞综合,再到检修平台、轨道群的精确定位,BIM技术为各参建方提供了一个统一、协同的数字化工作平台,极大地减少了施工阶段的变更与返工,保障了工程质量和进度。

参考文献:

- [1] 张岳.基于BIM技术的城市轨道交通通号设备室智能布线技术研究[J].绿色建造与智能建筑,2025(10):59-61.
- [2] 左鸿超,张昱敏.5G技术在城市轨道交通信号系统中的应用研究[J].现代城市轨道交通,2025(09):77-81.
- [3] 赵公安.浅析BIM技术在轨道交通工程施工安全管理中的运用[J].建筑安全,2025,40(09):78-80.
- [4] 张昊宇.计算机信息技术在城市轨道交通管理中的应用研究[J].张江科技评论,2025(08):50-52.
- [5] 赵小龙.5G通信技术在城市轨道交通中的应用[J].科技与创新,2025(14):64-67.
- [6] 黄鑫,董天馨,杜正德.人工智能技术在城市轨道交通中的应用与探索[J].人民公交,2025(14):71-73.